



**ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL ANÁLISIS DE LAS REDES SOCIALES Y
LENGUAJE R**

AUTORA: LAURA VANESSA VILLA DAZA



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
FACULTAD DE TRADUCCION Y DOCUMENTACION
MASTER EN SISTEMA DE INFORMACIÓN DIGITAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL ANÁLISIS DE LAS REDES SOCIALES Y
LENGUAJE R**

AUTORA: LAURA VANESSA VILLA DAZA

SALAMANCA, 2025

Asiento catalográfico

Título: Análisis bibliográfico de Análisis de Redes Sociales y Lenguaje R

Autor

Villa Daza, Laura Vanessa

Director

Alonso Berrocal, José Luis

Palabras clave

[ES] Lenguaje R, análisis de datos, redes sociales

[EN] R language, data analysis, social networks

Clasificación UNESCO

Fecha

10 - 09 – 2025

Resumen

[ES] El Análisis de Redes Sociales (ARS) estudia cómo se conectan personas, organizaciones o elementos dentro de un sistema mediante nodos y enlaces. Wasserman y Faust (1994) sentaron las bases teóricas, definiendo conceptos como centralidad, cliques y bloques. Con el avance de la tecnología, surgieron herramientas computacionales que facilitan analizar redes

complejas. Paquetes de R como *igraph*, *network* y *statnet* permiten modelar, visualizar y simular redes, mientras que *bibliometrix* ayuda a realizar análisis bibliográficos y de coautoría.

El ARS ha evolucionado hacia aplicaciones más amplias en Big Data y ciencias sociales computacionales, permitiendo procesar grandes volúmenes de datos, estudiar redes multimodales y analizar flujos de información en redes sociales. Investigadores como Barabási y Scott han aportado enfoques cuantitativos e interdisciplinarios, mientras que Carley, Breiger y Brandes se han enfocado en análisis dinámico, centralidad y modelado basado en agentes.

Hoy, combinar teoría, herramientas computacionales y análisis bibliográfico permite identificar tendencias, autores clave y metodologías más utilizadas en el campo. El uso del lenguaje R se ha consolidado como estándar por su flexibilidad y capacidad de integrar múltiples paquetes especializados. En resumen, el ARS ha pasado de una base teórica a aplicaciones prácticas, siendo esencial para estudiar redes, comprender relaciones complejas y tomar decisiones basadas en datos.

[EN] Social Network Analysis (SNA) studies how people, organizations, or elements are connected within a system through nodes and links. Wasserman and Faust (1994) laid the theoretical foundations, defining concepts such as centrality, cliques, and blocks. With technological advances, computational tools emerged that facilitate the analysis of complex networks. R packages like *igraph*, *network*, and *statnet* allow for modeling, visualizing, and simulating networks, while *bibliometrix* helps perform bibliographic and co-authorship analyses.

SNA has evolved toward broader applications in Big Data and computational social sciences, enabling the processing of large volumes of data, studying multimodal networks, and analyzing information flows in social networks. Researchers such as Barabási and Scott have contributed quantitative and interdisciplinary approaches, while Carley, Breiger, and Brandes have focused on dynamic analysis, centrality, and agent-based modeling.

Today, combining theory, computational tools, and bibliographic analysis allows for the identification of trends, key authors, and the most used methodologies in the field. The use of the R language has become a standard due to its flexibility and ability to integrate multiple specialized packages. In summary, SNA has transitioned from a theoretical foundation to

practical applications, being essential for studying networks, understanding complex relationships, and making data-driven decisions.

Descripción

Trabajo de Fin de Máster en Sistemas de Información Digital, curso 2024-2025

Índice del trabajo

Contenido

Contenido

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL ANÁLISIS DE LAS REDES SOCIALES Y LENGUAJE R	1
ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL ANÁLISIS DE LAS REDES SOCIALES Y LENGUAJE R	2
Director.....	3
Palabras clave.....	3
Descripción.....	5
1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	11
3. METODOLOGIA	12
3.1. Enfoque metodológico mixto: articulación entre análisis cuantitativo y cualitativo.	12
3.2. Selección de fuentes documentales y bases de datos académicas	12
3.3. Recopilación, filtrado y organización de la producción científica	14
3.4. Filtro de inclusión/exclusión:.....	14
3.5. Lectura exploratoria y depuración:.....	14
3.6. Revisión cualitativa: herramientas y metodologías en ARS (con énfasis en lenguaje R).....	15
3.7. Exploración de aplicaciones del ARS en Big Data y Ciencia de Datos	15
3.8. Síntesis de resultados y elaboración del informe final	16
Conclusión metodológica	16
4. ANÁLISIS DE BIBLIOGRAFÍA	18
4.1. Fundamentos Teóricos (1990s – 2000s).....	19
4.2. Introducción de la Computación y Paquetes en R (2006 – 2010)	21
4.3. Aplicaciones Interdisciplinarias y Big Data (2010 – 2017)	23
4.4. Desarrollo de Metodologías Bibliométricas y ARS en R (2017 – 2020)	27
4.5. Consolidación de Modelos Estadísticos Avanzados y Blockmodeling (2018 – 2020)	30
4.5.1. Modelos Estadísticos de Redes: Un Cambio de Paradigma.....	30
4.5.2. Blockmodeling: Teoría, Técnicas y Aplicaciones	31
4.5.3. Aplicaciones del Blockmodeling y Modelos Estadísticos en la Investigación Científica	32
4.5.4. Síntesis: Un Enfoque Rigurosamente Estadístico para el Análisis de Redes.....	33
4.6. Aplicación a Redes Sociales Computacionales y Ética en Big Data (2020 – 2024)	33
4.6.1. Recolección y Preprocesamiento de Datos en Redes Sociales	34
4.6.2. El análisis de redes multimodales requiere técnicas específicas para:.....	34
4.6.3. Inferencia Estadística Avanzada y Modelado Predictivo.....	35
4.6.4. Ética, Privacidad y Regulación en el Uso de Datos Sociales.....	36
4.6.5. Aplicaciones Prácticas en Investigación y Sociedad	36

4.6.6.	Síntesis: El ARS ante los Retos Computacionales y Éticos del Siglo XXI	37
4.7	Principales Contribuciones de Autores Clave	38
4.7.1	Kathleen M. Carley: Dinamismo, Simulación y Ciencia Computacional de Redes	38
4.7.2	Principales contribuciones:	38
4.7.3	Ronald L. Breiger: Sociología Relacional y Modelos de Bloques.....	39
4.7.4	Ulrik Brandes: Centralidad, Visualización y Algoritmos Eficientes	40
4.7.5	Borgatti, Everett & Johnson (2018): Manuales, Métricas y Aplicaciones en Ciencias Sociales.....	40
4.7.6	Maltseva & Batagelj (2018): Mapeo Bibliográfico y Redes de Conocimiento Científico.....	41
4.7.7	TIP y ODS: un caso reciente de Análisis bibliográfico y ARS aplicado a políticas de sostenibilidad.....	42
5.	CONCLUSIONES	45
5.1.	Identificación y recopilación de la producción científica.....	46
5.2.	Evolución temporal del ARS.....	47
5.3.	Herramientas y metodologías	48
5.4.	Aplicaciones en Big Data y ciencia de datos.....	48
5.5.	Síntesis de resultados y cumplimiento de objetivos	49
5.6.	Reflexión final.....	49
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	51

1. INTRODUCCIÓN

En la era de la información digital, los datos y su interconexión se han convertido en el nuevo recurso estratégico de organizaciones, instituciones académicas y gobiernos. A diario, se generan millones de interacciones que dejan huellas digitales, las cuales, al ser analizadas, permiten obtener conocimiento valioso sobre comportamientos, estructuras, dinámicas y relaciones. En este contexto, el Análisis de Redes Sociales (ARS) ha adquirido una importancia fundamental como herramienta para el estudio de las estructuras relacionales entre individuos, organizaciones, conceptos y objetos de información. No se trata de redes sociales en el sentido comercial —como Facebook, Instagram o TikTok— sino de una perspectiva teórica, matemática y computacional centrada en el análisis estructural de redes complejas, usando nodos y conexiones como unidades básicas.

Los avances tecnológicos y la digitalización han impulsado el desarrollo de nuevas metodologías para abordar el estudio de redes. La disponibilidad de grandes volúmenes de datos, en lo que se conoce como Big Data, ha hecho indispensable el uso de herramientas informáticas capaces de gestionar, analizar y visualizar redes con altos niveles de complejidad. En este panorama, el lenguaje de programación R se ha consolidado como una de las herramientas más potentes y versátiles para el análisis cuantitativo de redes sociales, gracias a paquetes como *igraph*, *statnet*, *sna*, *tidygraph* y *ggraph*, que permiten desde el cálculo de métricas hasta la visualización avanzada de grafos.

Las bibliotecas académicas y centros de investigación se han enfrentado al reto de mantenerse actualizados en esta área de rápido crecimiento. La necesidad de comprender las dinámicas de colaboración científica, la evolución de disciplinas, la estructura de coautoría entre investigadores o la propagación de la información dentro de un dominio temático ha convertido al ARS en una herramienta clave en estudios bibliométricos y cienciométricos. Estos enfoques no solo permiten analizar la ciencia como un sistema de redes, sino que también aportan valor en términos de políticas de investigación, desarrollo institucional y toma de decisiones estratégicas.

Ante este contexto, surgió el interés por desarrollar un Trabajo de Fin de Máster (TFM) orientado a realizar un análisis bibliográfico profundo del Análisis de Redes Sociales, tanto desde su fundamentación teórica como desde su aplicación práctica, particularmente en el ámbito del lenguaje R y sus paquetes más relevantes. El estudio se enmarca en el Máster en

Sistemas de Información Digital, donde se han adquirido competencias relacionadas con la gestión de datos, visualización de información, análisis documental, ciencia abierta y metodologías digitales de investigación.

Este TFM se propone no solo recopilar, organizar y clasificar la literatura académica sobre el Análisis de Redes Sociales, sino también examinar las principales líneas de desarrollo, autores influyentes, metodologías empleadas y herramientas más utilizadas en el campo. La elección de este tema se justifica por el auge del análisis de redes en múltiples disciplinas, desde las ciencias sociales y la biblioteconomía hasta la biología, la informática y las humanidades digitales. Además, responde a una necesidad concreta en el ámbito de los sistemas de información digital: dotar a los profesionales de recursos conceptuales y técnicos que les permitan abordar el estudio de redes de manera crítica, sistemática y basada en evidencias.

A lo largo del trabajo, se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura científica mediante herramientas como Google Scholar, Scopus, Web of Science y BASE, así como la consulta en bibliotecas especializadas, manuales académicos y repositorios institucionales. Asimismo, se han aplicado principios del enfoque PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptándolo al contexto del análisis bibliográfico. Este enfoque ha permitido delimitar el corpus de estudio, establecer criterios de inclusión y exclusión, y organizar la información recopilada de manera lógica y coherente.

La estructura del presente trabajo responde a una secuencia lógica que permite el desarrollo gradual del tema. En primer lugar, se presentan los objetivos específicos, que guían cada fase del proceso investigativo, seguidos por una descripción metodológica detallada del procedimiento empleado para la recopilación, selección y análisis de fuentes. Posteriormente, se construye un marco teórico que contextualiza el Análisis de Redes Sociales dentro de la teoría de grafos, la ciencia de datos y las humanidades digitales, prestando especial atención al papel del lenguaje R como recurso técnico clave. En los capítulos siguientes, se presentan y analizan los principales hallazgos obtenidos de la literatura, tanto desde una perspectiva conceptual como práctica.

Dentro del desarrollo analítico, se abordan temas como: los tipos de redes más comunes (dirigidas, no dirigidas, ponderadas), las métricas fundamentales del análisis (centralidad, densidad, modularidad, grado, intermediación), el papel de los algoritmos de detección de comunidades, las aplicaciones del ARS en entornos bibliométricos y académicos, y la evolución del uso de R como herramienta para el tratamiento de datos relacionales. Se incluyen

también ejemplos de visualización y fragmentos de código que permiten ejemplificar cómo se aplican los conceptos teóricos a contextos reales.

Finalmente, el trabajo concluye con una reflexión crítica sobre las principales tendencias observadas en la literatura, las brechas identificadas en el conocimiento, y las potenciales líneas de investigación futura. Se incluye también un anexo con la lista completa de bibliografía utilizada, debidamente referenciada bajo la normativa APA, así como diagramas y representaciones visuales generadas durante el análisis.

El resultado de esta investigación pretende no solo ser un aporte académico al conocimiento sobre el Análisis de Redes Sociales, sino también una herramienta útil y replicable para otros investigadores, profesionales de la información digital, bibliotecarios y estudiantes interesados en el análisis de datos relacionales. Al ofrecer una panorámica amplia y sistemática de la evolución, aplicaciones y técnicas del ARS, este TFM sienta las bases para nuevas investigaciones que integren teoría, práctica y tecnología en el estudio de las redes que configuran el conocimiento científico y social.

2. OBJETIVOS

Los objetivos principales establecidos fueron los siguientes:

- **Identificar y recopilar la producción científica relevante** sobre el Análisis de Redes Sociales (ARS) en bases de datos académicas reconocidas.
- **Analizar la evolución temporal** del campo del ARS, identificando tendencias, autores clave y revistas más influyentes.
- **Explorar las principales herramientas y metodologías** utilizadas en estudios de ARS, con especial énfasis en el uso del lenguaje R.
- **Examinar la aplicación del ARS en contextos de Big Data y ciencia de datos**, destacando enfoques interdisciplinarios.

En cuanto al abordaje de la investigación, esta se realizó siguiendo diferentes etapas y considerando siempre los objetivos planteados a priori y que se detallan a continuación.

3. METODOLOGIA

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), mediante un diseño metodológico basado en la revisión bibliográfica del campo del Análisis de Redes Sociales (ARS), entendiendo este como el conjunto de teorías, métodos y técnicas orientadas al estudio de estructuras sociales o relacionales, y no como el estudio de plataformas comerciales como Facebook o Twitter.

La metodología se estructura en ocho etapas secuenciales que permiten abordar, de forma integral y sistemática, los cuatro objetivos planteados en este Trabajo de Fin de Máster. A continuación se expone cada una de estas fases, junto con las técnicas específicas utilizadas y su justificación.

3.1. Enfoque metodológico mixto: articulación entre análisis cuantitativo y cualitativo.

Este trabajo emplea un enfoque mixto que integra técnicas cuantitativas (bibliometría, conteo de publicaciones, análisis de tendencias, frecuencia de autores) con técnicas cualitativas (revisión crítica del contenido, síntesis interpretativa de metodologías, identificación de marcos teóricos y herramientas técnicas).

El análisis cuantitativo tiene como finalidad mapear objetivamente la evolución del campo del ARS en términos de producción científica: número de publicaciones, autores con mayor impacto, revistas más influyentes, entre otros. Por su parte, el análisis cualitativo permite profundizar en el contenido de los estudios, identificando las metodologías empleadas, los debates teóricos predominantes, los campos de aplicación, y en especial, la presencia y uso del lenguaje R como herramienta analítica.

El uso de esta estrategia mixta responde a la necesidad de combinar rigurosidad empírica con comprensión conceptual y contextual (propia de la revisión interpretativa). Esta dualidad metodológica asegura una visión global y fundamentada del campo en estudio.

3.2. Selección de fuentes documentales y bases de datos académicas

Para cumplir con el primer objetivo del TFM —identificar y recopilar la producción científica relevante sobre ARS— se seleccionaron diversas fuentes de información académica reconocida

internacionalmente, junto con recursos disponibles a nivel local o institucional, como los repositorios de la Universidad de Salamanca. Las bases de datos consultadas incluyen:

- Scopus
- Web of Science (WoS)
- Google Scholar
- Dialnet
- SpringerLink, ScienceDirect y Wiley Online Library
- Repositorio GREDOS (Universidad de Salamanca)
- Catálogo de la Biblioteca General Histórica y Biblioteca Francisco de Vitoria (USAL)

El criterio de inclusión de estas fuentes responde a su prestigio académico, cobertura temática multidisciplinar, y su accesibilidad desde la universidad. Se priorizó el uso de bases de datos con capacidades de filtrado por área de conocimiento, idioma, tipo de documento y año de publicación.

Para garantizar una búsqueda exhaustiva, se diseñó una estrategia de búsqueda con palabras clave definidas en español e inglés. Algunos ejemplos son:

- "Análisis de redes sociales" OR "social network analysis"
- "Teoría de grafos" OR "graph theory"
- "R software" AND "network analysis"
- "Big data" AND "redes sociales científicas"
- "Visualización de redes" OR "network visualization"
- "Igraph" AND "language R"
- "Statnet" OR "tidygraph"

Estas combinaciones se ajustaron para cada base de datos según sus requerimientos de sintaxis. La búsqueda se limitó a publicaciones entre los años 2000 y 2025, ya que el auge del ARS aplicado a ciencia de datos se consolida en las últimas dos décadas.

3.3. Recopilación, filtrado y organización de la producción científica

Una vez obtenidos los resultados preliminares, se realizó un proceso riguroso de cribado manual con el fin de asegurar la relevancia de las publicaciones recopiladas. Este proceso consta de dos niveles:

3.4. Filtro de inclusión/exclusión:

Criterios de inclusión:

- Estudios académicos centrados explícitamente en análisis de redes sociales (teoría, técnicas, herramientas, aplicaciones).
- Publicaciones que utilizan o discuten el uso del lenguaje R en el contexto del ARS
- Artículos que apliquen el ARS en contextos de big data o ciencia de datos.
- Textos en español o inglés.
- Publicaciones entre 2000 y 2025.
- Acceso al texto completo, preferentemente a través de la USAL.

Criterios de exclusión:

- Estudios centrados en redes sociales comerciales (p. ej., estudios de marketing en Instagram, comportamiento de usuarios en TikTok).
- Artículos con escasa fundamentación teórica sobre ARS.
- Publicaciones irrelevantes por título, resumen o palabras clave.

3.5. Lectura exploratoria y depuración:

Posteriormente, se procedió a la lectura de los resúmenes y palabras clave de cada publicación seleccionada, y cuando fue necesario, también se revisó la introducción o metodología del artículo para confirmar su pertinencia.

Los resultados se organizaron en una base de datos propia con los siguientes campos: título, autores, año, revista o fuente, tipo de documento, número de citas (si está disponible), palabras

clave, resumen, metodología utilizada, herramientas empleadas (especialmente si se menciona R), y campo de aplicación (ciencia de datos, sociología, biología, etc.).

3.6. Revisión cualitativa: herramientas y metodologías en ARS (con énfasis en lenguaje R)

La siguiente fase consistió en una lectura detallada de los artículos seleccionados para identificar las herramientas computacionales y metodologías utilizadas. Se prestó especial atención a:

- El uso del lenguaje R en el procesamiento, análisis y visualización de redes.
- La frecuencia y tipo de paquetes de R utilizados: igraph, statnet, sna, tidygraph, ggraph, networkD3, entre otros.
- Técnicas estadísticas y matemáticas utilizadas en los análisis: medidas de centralidad (grado, intermediación, cercanía), detección de comunidades (algoritmos de Louvain o Girvan-Newman), análisis de clústeres, análisis de redes bipartitas, etc.
- Tipos de grafos analizados: dirigidos/no dirigidos, ponderados/no ponderados, estáticos o dinámicos.
- Casos de estudio en los que se aplican estas metodologías: redes sociales humanas, redes de colaboración científica, redes de coocurrencia de palabras, redes biológicas, etc.

Cada hallazgo se documentó de manera sistemática y se organizó según categorías emergentes, lo cual permitió sistematizar las herramientas más comunes y ofrecer una visión integral del ecosistema técnico del ARS. Esta sección da cumplimiento al tercer objetivo específico.

3.7. Exploración de aplicaciones del ARS en Big Data y Ciencia de Datos

El cuarto objetivo del TFM consiste en identificar cómo se ha aplicado el ARS en el contexto de Big Data y Data Science. Para ello, se seleccionaron específicamente artículos que:

- Trabajan con redes de gran tamaño (miles o millones de nodos/aristas).

- Integran el ARS con técnicas de aprendizaje automático, minería de datos, o análisis de texto.
- Utilizan técnicas de web scraping, API harvesting, o sistemas distribuidos (p. ej., Hadoop, Spark) para recolectar o procesar redes complejas.
- Aplican ARS a grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, redes neuronales, publicaciones científicas, o transacciones digitales.

Además, se identificaron estudios que utilizan el ARS en áreas como bioinformática, análisis financiero, logística, redes de transporte o ciberseguridad, donde el volumen y complejidad de los datos justifican su clasificación como entornos de Big Data.

El análisis de estos artículos permite observar cómo el ARS se ha adaptado a los desafíos de escalabilidad, complejidad computacional y heterogeneidad de datos característicos del paradigma del Big Data. Esta sección también analiza la relación entre el ARS y la ciencia de datos aplicada.

3.8. Síntesis de resultados y elaboración del informe final

Finalmente, todos los datos y análisis obtenidos en las fases anteriores fueron organizados en función de los objetivos específicos del trabajo. Se elaboró una síntesis narrativa e interpretativa, que resumen los hallazgos más relevantes. En esta etapa se destacan:

- Las tendencias evolutivas del ARS en el ámbito académico.
- Los autores y revistas más influyentes.
- Las herramientas y técnicas más empleadas en la literatura científica.
- Las aplicaciones del ARS en contextos de Big Data y ciencia de datos.

El informe final busca no solo presentar los datos, sino interpretarlos críticamente, compararlos con revisiones previas (si existen), y proponer líneas de investigación futura.

Conclusión metodológica

La presente metodología, rigurosamente estructurada, asegura la cobertura exhaustiva y sistemática del campo del Análisis de Redes Sociales desde un enfoque académico y técnico.

El uso de un diseño mixto, sin depender de software especializado y priorizando el lenguaje R, se alinea con las capacidades prácticas del autor y con los objetivos propuestos. Al integrar técnicas de revisión documental, interpretación cualitativa y aplicación a Big Data, se ofrece un marco metodológico robusto, replicable y pertinente para estudios similares.

4. ANÁLISIS DE BIBLIOGRAFÍA

El análisis de redes sociales (ARS) constituye una disciplina metodológica y teórica que se enfoca en el estudio de las relaciones estructuradas entre diferentes entidades o actores sociales. Su fundamento se encuentra en la representación de estas relaciones mediante grafos, en los cuales los nodos representan los actores (individuos, organizaciones, instituciones, conceptos, etc.) y las aristas o vínculos representan las relaciones entre ellos (interacciones, colaboraciones, comunicación, co-citación, etc.).

Históricamente, el ARS emergió como una rama específica de la sociología y la antropología en la primera mitad del siglo XX, impulsada por el interés en estudiar las relaciones humanas desde una perspectiva estructural. Investigadores pioneros como Moreno y Simmel ya proponían formas rudimentarias de representar las conexiones sociales a través de diagramas. Sin embargo, el verdadero auge del ARS como una disciplina consolidada se dio en la segunda mitad del siglo, especialmente a partir de los años noventa, cuando se integraron formalmente conceptos matemáticos, estadísticos y computacionales que permitieron analizar de forma rigurosa sistemas sociales complejos.

Uno de los aspectos clave que ha permitido el desarrollo y expansión del ARS ha sido su carácter interdisciplinario. Aunque sus raíces son sociológicas, su aplicación se ha extendido a campos tan diversos como la biología (por ejemplo, para estudiar redes de interacción genética o ecológica), la informática (análisis de redes de internet, redes neuronales, etc.), la economía (redes de comercio, colaboración empresarial), y más recientemente, el análisis de datos masivos o Big Data, donde el ARS se convierte en una herramienta esencial para detectar patrones, dinámicas de influencia y estructuras subyacentes en grandes volúmenes de información.

En este contexto, el análisis de bibliografía mediante técnicas de ARS ha cobrado especial relevancia en el ámbito académico, especialmente para estudios de producción científica, colaboración entre autores, co-citación, co-ocurrencia de términos clave, y evolución temática. La implementación computacional del ARS, especialmente a través del lenguaje R y sus diversos paquetes, ha posibilitado que esta metodología no solo sea teóricamente robusta, sino también aplicable de manera práctica y replicable.

La presente sección del trabajo tiene como objetivo realizar un análisis detallado de la evolución teórica y metodológica del ARS, atendiendo a su desarrollo cronológico y a los hitos

bibliográficos más significativos. Para ello, se divide en siete apartados, que abarcan desde los fundamentos teóricos del ARS hasta sus aplicaciones actuales en redes sociales digitales y Big Data, incluyendo contribuciones clave de autores influyentes.

4.1. Fundamentos Teóricos (1990s – 2000s)

El periodo comprendido entre los años 1990 y principios de los 2000 representa una etapa fundacional para el Análisis de Redes Sociales (ARS) como disciplina científica formal. Aunque los antecedentes del ARS se remontan a las primeras décadas del siglo XX, es en esta etapa cuando se produce una consolidación teórica y metodológica sin precedentes. Esta consolidación tiene lugar gracias a la publicación de obras que definen los principios fundamentales del análisis de redes, así como al desarrollo y estandarización de un vocabulario técnico común que permite la aplicación del ARS en múltiples contextos disciplinares.

Uno de los hitos más importantes en esta etapa es la publicación del libro "Social Network Analysis: Methods and Applications" de Wasserman y Faust (1994). Este texto, ampliamente citado y considerado una de las obras canónicas del campo, proporciona una sistematización formal de los principales conceptos del ARS, muchos de los cuales ya existían de manera dispersa en la literatura. En este sentido, su gran aporte fue unificar y estructurar el conocimiento acumulado hasta entonces, presentándolo desde una perspectiva rigurosamente matemática y estadística, pero accesible para investigadores de diversas disciplinas.

Entre los conceptos fundamentales abordados por Wasserman y Faust destacan:

- Nodos o vértices, que representan los actores de la red. Estos pueden ser individuos, grupos, instituciones, publicaciones, conceptos, etc.
- Aristas o vínculos, que indican la existencia de una relación entre dos nodos. Pueden ser dirigidas (por ejemplo, una llamada telefónica) o no dirigidas (una relación de amistad).
- Centralidad, un conjunto de métricas destinadas a evaluar la importancia estructural de los nodos dentro de la red. Incluye medidas como grado, centralidad de intermediación (betweenness), centralidad de cercanía (closeness), y centralidad eigenvectorial.
- Cohesión estructural, referida a la densidad y solidez de los vínculos dentro de la red o dentro de subgrupos particulares. Este concepto es clave para el estudio de comunidades

y grupos de afinidad.

- Cliques, componentes, bloques estructurales y otros conceptos que permiten segmentar y analizar partes de la red con criterios formales.

Una de las virtudes del enfoque de Wasserman y Faust es que no se limita a presentar definiciones, sino que propone un marco lógico que permite aplicar estos conceptos en contextos empíricos. Esto convierte al ARS en una herramienta de análisis poderosa para estudiar fenómenos sociales, organizacionales, científicos y tecnológicos, entre otros.

Paralelamente, otro avance significativo en este período es la publicación del manual "Introduction to Social Network Methods" de Hanneman y Riddle (2005). Esta obra, disponible gratuitamente en línea, tiene una orientación más didáctica y aplicada, orientada a estudiantes e investigadores que buscan aprender a implementar los conceptos del ARS en sus propios trabajos. Su principal característica es combinar teoría con práctica, utilizando ejemplos concretos y ejercicios guiados, muchos de los cuales se pueden replicar utilizando software estadístico.

La importancia de este recurso radica en su carácter pedagógico y su compatibilidad con herramientas computacionales como UCINET, Pajek y posteriormente R. A través de su enfoque práctico, contribuyó a la difusión y democratización del ARS en entornos académicos, especialmente entre aquellos investigadores que no provenían de disciplinas puramente cuantitativas.

Durante esta etapa fundacional, el ARS se centra principalmente en el análisis de redes sociales estáticas, es decir, redes que representan relaciones observadas en un momento determinado del tiempo. El objetivo principal es describir la estructura de estas redes, identificar actores centrales, subgrupos cohesivos, patrones de relación, y diferencias estructurales entre nodos. El enfoque es, por tanto, predominantemente descriptivo y estructural, con un interés creciente en la comparación entre redes y la identificación de regularidades.

Asimismo, en estos años se consolida la idea de que las redes sociales no deben ser entendidas únicamente como un conjunto de relaciones individuales, sino como estructuras emergentes que afectan y son afectadas por las acciones de los actores. Es decir, se reconoce que las redes no solo reflejan interacciones, sino que también configuran oportunidades y restricciones para los nodos, influyendo en el acceso a recursos, información, apoyo social, visibilidad, etc.

Otro aspecto relevante del desarrollo teórico en este período es la incorporación de ideas provenientes de la teoría de grafos, una rama de las matemáticas discretas. Esto permite la formalización de propiedades estructurales de las redes, como conectividad, transitividad, reciprocidad, simetría, isomorfismo, entre otras. Este aporte matemático dota al ARS de un conjunto de herramientas robustas para la representación y análisis formal de redes complejas.

En resumen, los años 1990–2000 representan una etapa crítica para la consolidación del ARS como disciplina científica. Las aportaciones de Wasserman y Faust (1994), junto con el manual de Hanneman y Riddle (2005), establecen las bases teóricas y metodológicas que permitirán su posterior expansión. El ARS se configura como un campo transdisciplinar con un lenguaje común y con herramientas analíticas que permiten entender la estructura de las relaciones sociales, organizacionales y académicas de una manera rigurosa, cuantificable y replicable.

4.2. Introducción de la Computación y Paquetes en R (2006 – 2010)

Durante el periodo comprendido entre 2006 y 2010, el Análisis de Redes Sociales (ARS) experimenta una profunda transformación debido al impacto creciente de la computación y el desarrollo de software estadístico especializado. Esta etapa marca el inicio de una transición clave: el paso de un ARS fundamentalmente teórico y descriptivo a uno computacional, cuantitativo y automatizado. Esta transformación está directamente relacionada con la aparición de lenguajes de programación estadística como R, y con el desarrollo de paquetes específicos que permiten modelar, analizar y visualizar redes complejas de manera eficiente.

Uno de los avances más significativos de este periodo es la creación del paquete *igraph* por Gábor Csárdi y Tamás Nepusz (2006). Este paquete, desarrollado inicialmente en R y posteriormente portado a otros lenguajes como Python y C, se convierte rápidamente en una herramienta de referencia para el análisis de redes complejas. Su diseño modular y su amplio abanico de funciones lo hacen particularmente versátil para investigadores de múltiples disciplinas.

Igraph permite la creación, manipulación y visualización de grafos dirigidos y no dirigidos, así como el cálculo de métricas fundamentales como:

- Grado de los nodos (in-degree, out-degree).
- Centralidad de intermediación y de cercanía.

- Densidad, diámetro y longitud media de caminos.
- Coeficientes de clustering (agrupamiento).
- Detección de comunidades, mediante algoritmos como Louvain o Walktrap.

Además, igraph facilita la generación de grafos sintéticos con propiedades específicas (por ejemplo, redes aleatorias de Erdos-Rényi, redes escala libre de Barabási-Albert o modelos de Watts-Strogatz), lo que permite realizar simulaciones experimentales y comparaciones entre modelos teóricos y redes empíricas.

Paralelamente, surgen otros paquetes complementarios que amplían las posibilidades de análisis:

- El paquete network desarrollado por Carter Butts (2008) ofrece estructuras de datos eficientes para representar redes y gestionar relaciones en R. A diferencia de igraph, este paquete está orientado al manejo de redes más complejas, incluyendo atributos nodales y vínculos ponderados.
- Statnet, desarrollado por Handcock et al. (2008), constituye un conjunto de paquetes interrelacionados que permiten realizar análisis estadístico avanzado de redes. Incluye funciones para modelado estadístico de redes (ERGM – Exponential Random Graph Models), simulación, diagnóstico, y visualización. Su enfoque combina teoría estadística con implementación computacional, facilitando la realización de análisis inferenciales sobre estructuras de red.
- Por otro lado, Blondel et al. (2008) introducen un algoritmo escalable para la detección de comunidades basado en optimización modular (algoritmo de Louvain). Esta técnica es crucial en el contexto del Big Data y redes sociales digitales, ya que permite identificar subconjuntos de nodos que presentan una alta densidad de conexiones internas, lo que se interpreta como una posible comunidad, grupo o clúster.

La disponibilidad de estas herramientas genera un cambio paradigmático en la forma de hacer ARS. Antes de esta etapa, el análisis de redes requería una alta especialización matemática y el uso de software específico como Pajek o UCINET, limitando su accesibilidad. Con la expansión de R y la aparición de estos paquetes, el ARS se vuelve más accesible, reproducible y adaptable a distintas áreas del conocimiento.

Además, esta etapa también está marcada por el desarrollo de capacidades de visualización computacional. La posibilidad de visualizar grandes grafos de forma interactiva no solo facilita el análisis exploratorio, sino que también se convierte en una herramienta pedagógica para enseñar estructuras de red. Los investigadores pueden representar topologías complejas, identificar visualmente actores clave, examinar la formación de clústeres y detectar patrones que serían difíciles de identificar únicamente a partir de datos tabulares o métricas numéricas.

Desde el punto de vista metodológico, esta etapa también consolida el uso de redes como objetos matemáticos dinámicos y no simplemente como representaciones estáticas. La posibilidad de integrar temporalidad, ponderación y atributos adicionales en los grafos permite un análisis más realista de fenómenos sociales, económicos y científicos. Por ejemplo, se puede analizar cómo evoluciona una red de colaboración científica a lo largo del tiempo, cómo se forman y disuelven comunidades, o cómo cambia la centralidad de un nodo conforme se producen nuevas interacciones.

Por último, cabe destacar que el uso de R y sus paquetes comienza a integrarse formalmente en la formación académica y en cursos especializados. Universidades e instituciones de investigación comienzan a ofrecer seminarios, tutoriales y manuales sobre ARS aplicado con R, lo cual favorece la expansión de esta metodología en la comunidad científica. Esta tendencia anticipa lo que en la siguiente década se consolidará como el surgimiento de la ciencia de redes computacional.

En síntesis, entre 2006 y 2010 se produce una auténtica revolución computacional en el ARS. El desarrollo de paquetes como *igraph*, *network* y *statnet*, junto con algoritmos de alta eficiencia, permite un tratamiento sistemático, estadístico y visual de redes complejas, estableciendo los cimientos para su aplicación masiva en campos como la bibliometría, el análisis de redes sociales digitales, la biología computacional y las ciencias del comportamiento.

4.3 Aplicaciones Interdisciplinarias y Big Data (2010 – 2017)

La etapa comprendida entre 2010 y 2017 representa un punto de inflexión en la evolución del Análisis de Redes Sociales (ARS), marcado por su expansión a nuevos campos del conocimiento, su integración con disciplinas emergentes y su estrecha relación con el crecimiento exponencial de datos digitales. El contexto tecnológico y científico de este periodo

—caracterizado por la consolidación de Internet, redes sociales digitales, sensores inteligentes y plataformas colaborativas— genera una explosión de datos que transforma radicalmente la forma en que se recolecta, procesa y analiza la información social, académica, biológica o económica. En este marco, el ARS se reconfigura como una herramienta esencial dentro de un paradigma más amplio: el de la Ciencia de Redes y la Ciencia Social Computacional (Computational Social Science).

Uno de los referentes más influyentes de esta etapa es Albert-László Barabási, cuya obra “Network Science” (2016) sistematiza conceptos clave sobre el comportamiento de redes a gran escala. Barabási introduce y desarrolla una serie de modelos matemáticos que permiten describir la estructura emergente de redes complejas. Su investigación pone especial énfasis en el concepto de "scale-free networks" (redes libres de escala), que se caracterizan por la presencia de unos pocos nodos altamente conectados, conocidos como "hubs", y una gran mayoría de nodos con pocas conexiones.

Este tipo de distribución, que sigue una ley de potencia, tiene implicaciones profundas para la comprensión de fenómenos como:

- La robustez y vulnerabilidad de infraestructuras (redes eléctricas, internet).
- La difusión de información o enfermedades (epidemiología digital).
- El comportamiento viral en redes sociales.
- La formación de elites cognitivas o científicas en comunidades académicas.

Barabási también introduce el concepto de "preferential attachment", según el cual los nodos con mayor grado de conexión tienen una probabilidad más alta de seguir recibiendo nuevas conexiones, reproduciendo dinámicas de desigualdad estructural en redes sociales, científicas o económicas. Estos modelos permiten explicar cómo algunas publicaciones científicas acumulan la mayoría de citas, o cómo ciertos perfiles en redes sociales digitales concentran la atención pública.

Simultáneamente, en esta etapa se produce una maduración en el uso del lenguaje R para el análisis estadístico avanzado y el procesamiento de grandes volúmenes de datos. Manuales como los de Peter Dalgaard (2008) y Norman Matloff (2011) ofrecen fundamentos sólidos en estadística aplicada con R, permitiendo a los investigadores integrar modelos lineales, regresión logística, análisis multivariante y pruebas no paramétricas como parte del análisis

exploratorio previo al ARS.

Además, el ecosistema de R se ve notablemente fortalecido con aportes fundamentales en data wrangling, visualización y modelado, gracias a autores como Kabacoff (2015) y Wickham & Grolemund (2017). Estas obras introducen de forma sistemática los paquetes del tidyverse, que incluyen herramientas como:

- dplyr: para manipulación de datos tabulares.
- ggplot2: para visualización gráfica avanzada.
- tidyr y readr: para limpieza e importación de datos.
- lubridate: para manipulación de fechas y tiempos.
- purrr: para programación funcional aplicada a conjuntos de datos complejos.

Estas herramientas son cruciales para preparar los datos que posteriormente serán analizados como redes. Por ejemplo, a partir de una base de datos bibliográfica, es necesario primero estructurar los datos en un formato relacional (pares de autores, términos co-ocurrentes, artículos citados en común) antes de poder generar la red correspondiente.

Durante este periodo, el ARS también encuentra un terreno fértil en aplicaciones interdisciplinarias, y su adopción se extiende más allá de la sociología o las ciencias políticas. Algunos ejemplos destacados incluyen:

- Biología de sistemas, donde se analizan redes metabólicas, genéticas y proteómicas para identificar interacciones funcionales y estructuras modulares en organismos vivos.
- Economía y finanzas, donde se modelan relaciones entre instituciones, flujos comerciales y transacciones bancarias como redes.
- Psicología social y organizacional, donde se estudian redes de apoyo, influencia y comunicación en grupos humanos.
- Ciencia de la información, donde el ARS se combina con bibliometría para mapear la evolución del conocimiento científico.

- Ingeniería informática y análisis web, donde se exploran hiperenlaces, patrones de navegación y estructuras de comunidades en la web.

Este enfoque interdisciplinar es impulsado por la creciente disponibilidad de datos masivos (Big Data), y por la necesidad de herramientas analíticas capaces de representar interacciones complejas, no lineales y distribuidas. Frente a las limitaciones de los análisis univariantes o incluso multivariantes tradicionales, el ARS ofrece una visión estructural que permite entender sistemas complejos como un todo interconectado.

El auge del Big Data obliga también a repensar los criterios de validez metodológica, dado que la disponibilidad masiva de datos no implica automáticamente que estos sean representativos o relevantes. Por ello, se desarrollan nuevas estrategias de muestreo, validación cruzada, y análisis robusto que permitan mitigar sesgos y errores derivados del volumen, la variedad y la velocidad de los datos recolectados.

Además, surgen nuevas formas de representación de redes complejas, incluyendo redes bipartitas (por ejemplo, autores-artículos), redes multimodales (usuarios, hashtags y URL en redes sociales), redes ponderadas, y redes dinámicas, que incorporan la dimensión temporal al análisis estructural. Esto posibilita una visión más rica del fenómeno estudiado, permitiendo observar no solo estructuras estáticas sino también procesos de evolución, disolución o formación de relaciones a lo largo del tiempo.

La convergencia entre ARS y Big Data también favorece el surgimiento de la Computational Social Science, una disciplina emergente que integra teoría social, modelado matemático, estadística, informática y ciencia de datos. En este nuevo marco, el ARS se convierte en una herramienta central para estudiar fenómenos sociales a gran escala, como:

- Opinión pública digital.
- Movimientos sociales y protestas.
- Propagación de noticias (incluidas fake news).
- Polarización ideológica.
- Formación de burbujas informativas.

En conclusión, el periodo 2010–2017 marca una etapa de consolidación y expansión del ARS hacia nuevos dominios científicos y nuevos desafíos analíticos. La combinación de teoría de redes, herramientas computacionales en R, algoritmos eficientes y grandes volúmenes de datos permite al ARS trascender su origen sociológico y convertirse en un enfoque metodológico de referencia en múltiples áreas del conocimiento. Su capacidad para modelar, visualizar y analizar sistemas complejos lo posiciona como una metodología indispensable en la era del Big Data.

4.4. Desarrollo de Metodologías Bibliométricas y ARS en R (2017 – 2020)

Entre los años 2017 y 2020, el Análisis de Redes Sociales (ARS) encuentra un nuevo y poderoso campo de aplicación: el estudio de la producción científica a través de métodos bibliométricos, que se integran con herramientas computacionales y modelado de redes. Esta etapa se caracteriza por la consolidación de una metodología híbrida entre la bibliometría clásica, la ciencia de datos y el ARS, orientada a analizar, mapear e interpretar las dinámicas de colaboración científica, la evolución temática de disciplinas, y la estructura del conocimiento académico.

La bibliometría, tradicionalmente centrada en el conteo de publicaciones, citas y factores de impacto, se ve fortalecida mediante su convergencia con las técnicas de análisis estructural del ARS, permitiendo pasar de métricas simples a representaciones complejas de la interacción científica. Esta fusión metodológica no solo enriquece el análisis descriptivo, sino que abre nuevas posibilidades para el estudio de las redes de coautoría, cocitación, co-ocurrencia de términos clave, y evolución de disciplinas.

Uno de los desarrollos más significativos de este periodo es la creación del paquete *bibliometrix* por Massimo Aria y Corrado Cuccurullo (2017). Este paquete, implementado en R, representa un avance sustancial al permitir la aplicación integral de análisis bibliométrico y ARS desde una sola interfaz de programación estadística. *bibliometrix* automatiza una serie de tareas que anteriormente requerían procesos manuales o el uso de múltiples herramientas dispersas, tales como:

- Importación de datos desde bases de datos bibliográficas reconocidas como Web of Science, Scopus o PubMed.
- Limpieza, normalización y estructuración de los datos bibliográficos.

- Generación de redes de coautoría, cocitación de autores y documentos, y co-ocurrencia de palabras clave.
- Análisis de productividad por autor, institución, país y fuente.
- Cálculo de indicadores bibliométricos tradicionales (índice h, índice g, número de publicaciones y citas, entre otros).
- Aplicación de técnicas de clustering y análisis factorial para la identificación de temas emergentes.

Lo que distingue a bibliometrix es su capacidad para construir redes complejas a partir de información bibliográfica, integrando automáticamente el ARS con funciones avanzadas de visualización y análisis estructural. A través de este paquete, se pueden representar las relaciones entre autores o artículos como grafos, analizar métricas como la centralidad de grado o intermediación, identificar comunidades científicas cohesionadas, y estudiar la evolución temática a través de análisis de dinámicas temporales.

Además, bibliometrix se complementa con una interfaz gráfica en línea llamada biblioshiny, que permite a usuarios sin experiencia en programación utilizar todas las funciones del paquete mediante una interfaz amigable. Esta innovación democratiza el uso del ARS aplicado a bibliometría, ampliando su alcance a investigadores de diversas disciplinas.

Simultáneamente, se desarrollan investigaciones que aplican estas metodologías para explorar la literatura científica de áreas emergentes. Por ejemplo, Hosoya et al. (2017) utilizan el ARS para mapear la evolución del campo del Big Data, aplicando algoritmos de detección de comunidades y análisis temporal para identificar clústeres temáticos en crecimiento. Su estudio demuestra cómo el ARS puede emplearse para detectar áreas de investigación emergentes, evaluar su interconexión con otras disciplinas, y predecir tendencias futuras.

Este tipo de análisis es especialmente relevante en contextos de planificación científica, diseño de políticas de investigación, y evaluación de productividad académica. Las universidades, centros de investigación y organismos de financiación pueden emplear estas herramientas para:

- Detectar campos estratégicos en desarrollo.
- Identificar líderes de opinión y redes de colaboración consolidadas.
- Evaluar la interdisciplinariedad de un campo de estudio.
- Establecer mapas de colaboración internacional.

- Comprender la estructura interna de una comunidad científica.

Desde una perspectiva metodológica, la combinación de bibliometría y ARS permite superar las limitaciones del análisis bibliográfico clásico, que tiende a centrarse en la acumulación de indicadores cuantitativos. El enfoque estructural del ARS aporta una lectura más rica, permitiendo analizar la posición relativa de cada entidad (autor, institución, publicación) dentro de un sistema de relaciones científicas. Esto permite responder preguntas como:

- ¿Qué autores ocupan posiciones estructuralmente centrales en un campo?
- ¿Qué artículos funcionan como puentes entre disciplinas?
- ¿Qué instituciones actúan como nodos de transferencia de conocimiento?
- ¿Qué áreas temáticas están comenzando a conectarse o fragmentarse?

Por otra parte, en este periodo se intensifica el uso del lenguaje R no solo como un medio de análisis, sino también como una herramienta para la reproducibilidad científica, un principio central de la ciencia abierta. Al permitir que los análisis bibliométricos y de redes se realicen íntegramente en R, bibliometrix y otros paquetes relacionados aseguran que los procesos de recolección, transformación, análisis y visualización de datos puedan ser documentados y replicados por otros investigadores.

Es importante destacar que el ARS aplicado a bibliografía no se limita al estudio de la colaboración académica. También permite analizar redes de referencias compartidas (cocitación), redes de términos comunes (co-ocurrencia), y redes de co-afiliación institucional, aportando una visión multidimensional de los procesos de generación, difusión y consolidación del conocimiento científico.

En este contexto, otras herramientas del ecosistema R también juegan un papel relevante, como:

- `igraph`: para construir y analizar redes complejas derivadas de datos bibliográficos.
- `ggraph`: para visualizaciones avanzadas de grafos con estética controlada.
- `tidytext`: para análisis de contenido textual en abstracts y títulos de artículos.
- `text2vec` o `tm`: para procesamiento de lenguaje natural (NLP) y modelado temático.

Finalmente, esta etapa prepara el terreno para un desarrollo más intensivo de análisis bibliométrico en combinación con técnicas de minería de textos, análisis semántico y aprendizaje automático, lo que amplía aún más el potencial del ARS en el contexto de la ciencia abierta y el Big Data académico.

En resumen, el periodo 2017–2020 se caracteriza por la maduración e institucionalización del ARS aplicado a bibliografía científica, con bibliometrix como herramienta central. Esta evolución permite que el ARS se utilice no solo para el estudio de relaciones sociales entre individuos, sino también como una metodología robusta para la exploración sistemática de la producción científica, lo cual resulta particularmente relevante para trabajos académicos como el TFM. La posibilidad de mapear el conocimiento, detectar patrones de colaboración y visualizar la estructura del campo de estudio en cuestión, proporciona una base metodológica poderosa para fundamentar cualquier investigación rigurosa y con enfoque científico.

4.5. Consolidación de Modelos Estadísticos Avanzados y Blockmodeling (2018 – 2020)

Durante el período comprendido entre 2018 y 2020, el Análisis de Redes Sociales (ARS) experimenta una evolución significativa en su dimensión metodológica y estadística. En esta fase, se consolida el uso de modelos estadísticos avanzados, con especial énfasis en técnicas de inferencia estructural, análisis de redes dinámicas y, de manera destacada, el blockmodeling como enfoque clave para desentrañar la estructura oculta de redes complejas. Esta etapa marca un punto de inflexión en la transición del ARS desde un enfoque predominantemente descriptivo hacia una ciencia inferencial y predictiva basada en fundamentos estadísticos rigurosos y el uso intensivo de herramientas computacionales como R.

4.5.1. Modelos Estadísticos de Redes: Un Cambio de Paradigma

Tradicionalmente, el análisis de redes sociales se apoyó en métricas estructurales como la centralidad, densidad, cliques o cohesión para describir las propiedades de las redes. Si bien estas medidas siguen siendo fundamentales, la necesidad de comprender fenómenos más complejos, modelar dinámicas temporales y establecer inferencias causales impulsa el desarrollo de modelos estadísticos especializados en redes.

Uno de los textos fundamentales en esta transición es "Statistical Analysis of Network Data

with R" (Kolaczyk & Csárdi, 2020), una obra que se convierte rápidamente en referencia dentro del campo. Este libro ofrece un tratamiento sistemático y didáctico del análisis estadístico de redes desde la programación en R, abordando tanto fundamentos teóricos como aplicaciones prácticas. Entre sus principales aportes se destacan:

- Introducción a modelos de grafos aleatorios (random graph models), como el modelo Erdős–Rényi.
- Aplicación de modelos de redes de bloques estocásticos (Stochastic Block Models, SBM).
- Modelos de enlaces exponenciales (Exponential Random Graph Models, ERGM).
- Técnicas de inferencia estadística sobre redes observadas: estimación, contraste de hipótesis y predicción.
- Modelos de redes dinámicas, con aplicaciones en análisis longitudinal de relaciones.

La obra de Kolaczyk y Csárdi representa un hito porque integra, de forma sistemática, el potencial de R con la teoría estadística de redes, lo cual permite a los investigadores pasar del análisis exploratorio a la validación estadística de hipótesis. Este enfoque es crucial en entornos científicos y académicos, como los TFM, donde la solidez metodológica y la capacidad de replicar resultados son esenciales.

4.5.2. Blockmodeling: Teoría, Técnicas y Aplicaciones

El blockmodeling representa una de las técnicas más sofisticadas dentro del ARS, y su consolidación durante este periodo responde a una creciente demanda por métodos capaces de revelar patrones de interacción estructural. A diferencia de los algoritmos de clustering tradicionales, el blockmodeling se basa en la agrupación de nodos según su perfil relacional, es decir, en función de cómo se conectan con otros nodos, no solo con quiénes están conectados.

Uno de los principales exponentes de esta línea es el investigador Aleš Žiberna, quien desarrolla e implementa en R metodologías de blockmodeling generalizado aplicadas a redes ponderadas, dirigidas y multivaluadas. Entre sus aportes destacan:

- Formalización matemática del blockmodeling estructural y relacional.
- Introducción del blockmodeling jerárquico y multi-nivel.

- Algoritmos para blockmodeling en redes con atributos múltiples.
- Herramientas de visualización de bloques y patrones de relación entre grupos.

Las herramientas desarrolladas por Žiberna permiten descubrir patrones globales en las redes, como equivalencias estructurales o posiciones relacionales similares. Esta técnica resulta particularmente útil para:

- Análisis bibliométrico: segmentar autores o instituciones según su comportamiento de citación o colaboración.
- Estudios organizacionales: identificar unidades o departamentos con roles funcionales similares.
- Investigaciones sociales: comprender cómo diferentes actores (individuos, organizaciones, países) se agrupan en función de sus relaciones.

El blockmodeling no solo identifica comunidades, sino que también permite establecer matrices de bloques que resumen la interacción entre grupos, lo que facilita una representación abstracta y comprensible de redes muy densas o complejas.

4.5.3. Aplicaciones del Blockmodeling y Modelos Estadísticos en la Investigación Científica

Durante este período, el uso de modelos estadísticos avanzados y blockmodeling se extiende a diversos campos de investigación. Algunos ejemplos representativos incluyen:

- Estudios de redes académicas: para identificar núcleos de colaboración internacional y su relación con el impacto científico.
- Mapeo de disciplinas científicas: para analizar cómo los artículos o autores se agrupan temáticamente y cómo interactúan entre áreas.
- Sociología digital: para modelar comunidades virtuales, flujos de información en redes sociales, o comportamiento de usuarios.
- Análisis de políticas públicas: mediante la detección de coaliciones políticas, alianzas institucionales o patrones de votación.

Estas aplicaciones confirman que el blockmodeling no es solo una herramienta técnica, sino también una metodología interpretativa que permite entender fenómenos sociales, científicos y organizacionales desde una perspectiva estructural y basada en datos.

4.5.4. Síntesis: Un Enfoque Rigurosamente Estadístico para el Análisis de Redes

En conjunto, el periodo 2018–2020 representa un momento de madurez metodológica en el campo del ARS. La adopción de modelos estadísticos avanzados, junto al desarrollo e implementación del blockmodeling, permite al investigador pasar de la descripción a la inferencia, del análisis estático al dinámico, y de la visualización superficial a la comprensión estructural profunda.

Para un Trabajo de Fin de Máster centrado en ARS, estas herramientas ofrecen una base sólida y científica que permite:

- Formular hipótesis estructurales sobre las redes estudiadas.
- Validar empíricamente los resultados obtenidos.
- Representar de forma inteligible y ordenada la complejidad de los datos.
- Vincular teoría y práctica a través de técnicas computacionales replicables en R.

Este enfoque metodológico, que conjuga la precisión estadística con la potencia analítica del ARS, consolida las bases para investigaciones rigurosas y de alto impacto académico, tanto a nivel teórico como aplicado.

4.6. Aplicación a Redes Sociales Computacionales y Ética en Big Data (2020 – 2024)

La fase comprendida entre los años 2020 y 2024 representa un punto de inflexión en el Análisis de Redes Sociales (ARS), caracterizado por la convergencia de tres grandes transformaciones: el avance de las redes sociales digitales, la explosión del Big Data y el surgimiento de nuevas preocupaciones éticas en el tratamiento de datos personales. Durante este periodo, el ARS evoluciona hacia una disciplina híbrida, integrando componentes de la ciencia computacional, estadística avanzada y ciencia social aplicada, con una marcada orientación hacia la automatización, el análisis predictivo y la ética del uso de la información.

La aplicación del ARS a plataformas digitales como Twitter, Facebook, Instagram, LinkedIn, Reddit y TikTok permite el estudio masivo y sistemático de dinámicas sociales, influencias, comunidades y comportamientos colectivos en línea. La capacidad de recolectar datos en

tiempo real y analizar interacciones en redes multimodales convierte al ARS en una herramienta indispensable para campos como la ciencia política, la comunicación digital, la sociología computacional, el marketing social y el análisis de discurso.

4.6.1 Recolección y Preprocesamiento de Datos en Redes Sociales

Uno de los pilares fundamentales de esta etapa es el desarrollo de herramientas computacionales capaces de recolectar, procesar y estructurar grandes volúmenes de datos provenientes de redes sociales. Entre las más destacadas se encuentra el paquete `rtweet`, diseñado para conectarse con la API de Twitter y descargar datos relevantes sobre usuarios, tuits, hashtags, menciones, retuits, respuestas, ubicaciones geográficas, fechas y más.

El proceso de recolección no es trivial y requiere una comprensión técnica y metodológica de diversos aspectos:

- Autenticación y uso de API: entender cómo funcionan las interfaces de programación de aplicaciones, gestionar tokens de acceso y respetar los límites de uso impuestos por las plataformas.
- Filtrado de información: seleccionar criterios de búsqueda adecuados (por ejemplo, palabras clave, hashtags, fechas, idiomas) que garanticen la relevancia del corpus recolectado.
- Preprocesamiento y limpieza: eliminar duplicados, corregir errores, filtrar bots o cuentas no relevantes, y estructurar los datos en formatos compatibles con las herramientas de análisis de redes.

Este proceso se complementa con el uso del ecosistema `tidyverse`, una colección de paquetes en R que facilitan la transformación, visualización y modelado de datos. Herramientas como `dplyr`, `tidyr`, `stringr`, `lubridate` y `purrr` permiten manipular los datos de manera eficiente, modular y reproducible, lo que es especialmente relevante en investigaciones de carácter académico.

4.6.2. El análisis de redes multimodales requiere técnicas específicas para:

- Proyección bipartita: convertir una red bipartita en una unipartita, por ejemplo, al proyectar una red usuario-hashtag en una red usuario-usuario conectado por hashtags

comunes.

- Visualización estratificada: representar gráficamente diferentes tipos de nodos con estilos y colores diferenciados, usando `igraph`, `ggraph`, o `visNetwork`.
- Métricas relacionales cruzadas: adaptar conceptos como centralidad, intermediación o cohesión a redes que no son homogéneas.

El trabajo con redes multimodales permite analizar fenómenos de alta complejidad, como la propagación de información, la formación de comunidades transversales, y la emergencia de influenciadores que actúan como puentes entre dominios temáticos o demográficos distintos.

4.6.3 Inferencia Estadística Avanzada y Modelado Predictivo

El volumen y la granularidad de los datos disponibles en redes sociales digitales habilitan la implementación de técnicas de inferencia estadística avanzada y aprendizaje automático. Este enfoque va más allá del análisis estructural tradicional y permite:

- Predecir eventos futuros (por ejemplo, la viralización de un contenido o la emergencia de una tendencia).
- Clasificar nodos según características latentes (por ejemplo, perfiles políticos, nivel de influencia, afiliación ideológica).
- Identificar patrones ocultos mediante técnicas no supervisadas como clustering, reducción de dimensionalidad (PCA, t-SNE) o modelado de temas (topic modeling).

Entre las técnicas más utilizadas se incluyen:

- Análisis de componentes principales (PCA) sobre atributos de nodos.
- Modelos basados en redes bayesianas para inferencia causal.
- Algoritmos de clasificación supervisada, como random forests, support vector machines (SVM), y redes neuronales, aplicados al etiquetado de nodos.
- Análisis dinámico de redes para modelar la evolución temporal de estructuras (Dynamic Network Analysis).

En este contexto, se retoman y extienden los trabajos de autores como Kathleen M. Carley, quien propone un marco metodológico para el análisis dinámico de redes (DNA) y la

integración del modelado basado en agentes con aprendizaje automático y procesamiento del lenguaje natural (NLP). Carley también destaca por su enfoque en redes organizacionales, simulación de escenarios complejos y detección de desinformación.

4.6.4. Ética, Privacidad y Regulación en el Uso de Datos Sociales

El acceso masivo a datos personales, opiniones, interacciones y comportamientos en línea plantea nuevos dilemas éticos y legales para los investigadores y analistas de redes sociales. A diferencia de los datos tradicionales, los obtenidos de plataformas digitales suelen estar sujetos a condiciones de uso, derechos de autor, y regulaciones nacionales e internacionales.

Durante esta etapa, se consolidan varios principios fundamentales para el tratamiento ético de datos sociales:

- Consentimiento informado: aunque los datos en redes sociales sean públicos, muchos usuarios no son plenamente conscientes del uso académico o comercial que pueden tener sus publicaciones.
- Anonimización y agregación: las buenas prácticas indican que los datos deben presentarse de forma agregada o anonimizada para evitar la identificación de personas individuales, especialmente en visualizaciones.
- Minimización de daño: evitar que los resultados del análisis puedan ser utilizados para discriminar, excluir o manipular a individuos o colectivos.
- Cumplimiento normativo: especialmente en el contexto europeo, se deben cumplir normativas como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR).

Estos principios han sido reforzados por el desarrollo de comités de ética de la investigación, que exigen a los proyectos una justificación detallada de los métodos de recolección, análisis y difusión de resultados. También han surgido guías de buenas prácticas en instituciones académicas y publicaciones científicas, que recomiendan transparencia metodológica y responsabilidad social.

4.6.5. Aplicaciones Prácticas en Investigación y Sociedad

El uso computacional del ARS en este periodo ha demostrado su aplicabilidad en múltiples áreas, algunas de las cuales son particularmente relevantes para un TFM:

- Análisis de desinformación y fake news: identificación de patrones de propagación, nodos clave y dinámicas de amplificación.
- Detección de comunidades ideológicas en contextos políticos, electorales o de activismo digital.
- Análisis de influencia en redes: detección de líderes de opinión, embajadores de marca y actores estratégicos.
- Estudios bibliométricos de producción científica en disciplinas emergentes o interdisciplinarias.
- Investigación en salud pública: análisis de opiniones, actitudes y comportamiento respecto a vacunas, pandemias o medidas sanitarias.

En todos estos casos, el ARS actúa como una herramienta de diagnóstico social, modelado predictivo y toma de decisiones basada en datos, con un fuerte impacto tanto académico como institucional.

4.6.6. Síntesis: El ARS ante los Retos Computacionales y Éticos del Siglo XXI

El periodo 2020–2024 ha marcado la plena entrada del ARS en la era del Big Data, la inteligencia artificial y la computación social. Las herramientas disponibles permiten hoy no solo analizar redes masivas en tiempo real, sino también predecir, simular e intervenir en fenómenos sociales complejos. Sin embargo, esta potencia técnica viene acompañada de responsabilidades éticas, legales y epistemológicas que no pueden ignorarse.

Para el desarrollo de un Trabajo de Fin de Máster, este contexto ofrece un marco fértil y desafiante en el cual:

- La elección de herramientas (como rtweet, igraph, tidyverse, ggraph) debe combinarse con un enfoque ético riguroso.
- El análisis estructural debe complementarse con perspectivas de contenido, dinámica e influencia.
- La claridad metodológica y la replicabilidad deben ser prioridades frente al uso de tecnologías cada vez más complejas.

El ARS, en esta etapa, se consolida como un puente entre la teoría social, el análisis computacional y la responsabilidad científica, siendo una metodología indispensable para comprender y actuar en un mundo profundamente interconectado, digitalizado y en constante cambio.

4.7 Principales Contribuciones de Autores Clave

La evolución del Análisis de Redes Sociales (ARS) desde sus orígenes sociológicos hasta su consolidación como disciplina computacional aplicada ha estado acompañada por contribuciones fundamentales de diversos investigadores que han marcado hitos teóricos, metodológicos y técnicos. Esta sección presenta a los principales autores cuyas obras han definido el campo, centrándose especialmente en aquellos cuyas ideas, herramientas o desarrollos conceptuales tienen relevancia directa para el estudio bibliográfico y la aplicación computacional del ARS en contextos como el análisis científico, el Big Data y la dinámica de redes digitales.

Lejos de ser un listado aislado de nombres, esta revisión reconoce la aportación estructural y sistémica de cada autor, resaltando el impacto de sus investigaciones en los modelos de análisis actuales, en la creación de paquetes estadísticos y en la definición de nuevas problemáticas sociales abordadas desde la perspectiva de redes.

4.7.1 Kathleen M. Carley: Dinamismo, Simulación y Ciencia Computacional de Redes

Una de las figuras más influyentes en la transición del ARS hacia la ciencia computacional ha sido Kathleen M. Carley, profesora en Carnegie Mellon University y directora del laboratorio CASOS (Center for Computational Analysis of Social and Organizational Systems). Su trabajo se centra en el análisis dinámico de redes, la simulación de sistemas sociales y la integración de modelos computacionales con aprendizaje automático y agentes inteligentes.

4.7.2 Principales contribuciones:

- **Dynamic Network Analysis (DNA):** Carley fue pionera en el desarrollo de esta subdisciplina que combina elementos del ARS con simulaciones basadas en agentes, análisis textual y modelado estructural. El DNA permite analizar cómo cambian las

redes en el tiempo, cómo influyen las acciones de los nodos en la estructura global, y cómo emergen patrones adaptativos en sistemas complejos.

- AutoMap y ORA: herramientas desarrolladas bajo su dirección para extraer redes de textos, analizar redes dinámicas y realizar simulaciones. ORA (Organizational Risk Analyzer), por ejemplo, permite visualizar y medir riesgos estructurales en redes organizativas, sociales y de información.
- Ética y desinformación: en los últimos años, Carley ha abordado también el problema de la desinformación en redes sociales, analizando cómo se propagan los contenidos falsos, cómo influyen los bots, y cómo intervenir en redes para mitigar riesgos sociales, políticos o sanitarios.

4.7.3 Ronald L. Breiger: Sociología Relacional y Modelos de Bloques

Ronald L. Breiger, sociólogo de la Universidad de Arizona, es otro autor clave en el desarrollo conceptual del ARS, especialmente por su enfoque en la intersección entre análisis estructural, teoría social y métodos de agrupamiento.

Contribuciones destacadas:

- Análisis dual de redes: Breiger fue uno de los primeros en proponer que los actores sociales están simultáneamente insertos en múltiples redes (afiliaciones, instituciones, categorías), lo que plantea la necesidad de estudiar estructuras bipartitas o duales. Esta visión ha sido fundamental para el desarrollo del análisis de coautoría y de cocitación, pilares del análisis bibliográfico.
- Blockmodeling: Su trabajo ha contribuido a formalizar los modelos de bloques estructurales, en los que los nodos se agrupan según patrones de equivalencia estructural. Estas técnicas permiten descubrir roles, posiciones o funciones dentro de una red, más allá de las conexiones individuales.
- Cultura y estructura: otro de sus aportes es la inclusión del análisis cultural en las redes sociales, proponiendo que los valores, discursos y creencias también pueden representarse como redes, abriendo la puerta a la convergencia entre ARS y análisis semántico.

Breiger destaca por su capacidad de teorizar la estructura social desde una perspectiva

relacional compleja, lo que lo convierte en un autor especialmente útil cuando el ARS se aplica al estudio de comunidades científicas, instituciones académicas o discursos en red.

4.7.4 Ulrik Brandes: Centralidad, Visualización y Algoritmos Eficientes

Ulrik Brandes, matemático y científico computacional, ha realizado importantes aportes en las áreas de algoritmos de centralidad, visualización de redes y eficiencia computacional del ARS. Su enfoque, fuertemente ligado a la teoría de grafos y la informática, ha ayudado a formalizar conceptos fundamentales y hacerlos escalables a redes de gran tamaño.

Aportes clave:

- Centralidad de intermediación (betweenness): Brandes propuso algoritmos eficientes para el cálculo de esta medida clave, que indica qué nodos actúan como puentes o intermediarios en una red. Su algoritmo redujo el coste computacional, facilitando su aplicación a grandes redes sociales o científicas.
- Graph drawing: ha trabajado extensamente en la visualización estructurada de redes, desarrollando técnicas y métricas para mejorar la representación gráfica de estructuras complejas, minimizando solapamientos, mejorando la lectura de cliques, jerarquías o clusters.
- Cluster analysis: ha investigado algoritmos de agrupamiento (como modularidad o agrupamiento jerárquico) y su impacto en la interpretación estructural de comunidades. Su trabajo es fundamental para el análisis de comunidades en redes bibliográficas o de coautoría.

Brandes representa la puente entre la teoría matemática de redes y sus aplicaciones sociales y visuales, lo que lo convierte en un autor clave para el análisis computacional en R, especialmente cuando se trabaja con igraph, ggraph o visualizaciones avanzadas.

4.7.5 Borgatti, Everett & Johnson (2018): Manuales, Métricas y Aplicaciones en Ciencias Sociales

El trío compuesto por Stephen P. Borgatti, Martin G. Everett y Jeffrey C. Johnson es ampliamente conocido por su libro “Analyzing Social Networks”, una obra de referencia

obligatoria en el campo del ARS moderno. Su enfoque combina rigor matemático, claridad conceptual y aplicaciones prácticas para las ciencias sociales.

Contribuciones principales:

- Sistematización de métricas: definen, ejemplifican y operacionalizan medidas fundamentales como centralidad, cercanía, intermediación, eigenvector, densidad, cohesión y equivalencia estructural. Esto es esencial para quienes se inician en el análisis computacional de redes.
- Software UCINET: Borgatti fue uno de los creadores de este programa ampliamente utilizado en análisis de redes sociales. Aunque R se ha consolidado como la herramienta dominante, UCINET sigue siendo una referencia clásica, especialmente en entornos de investigación sociológica.
- Enfoque aplicado: su manual se caracteriza por una orientación pragmática, con estudios de caso, gráficos y ejercicios que permiten una comprensión progresiva de la complejidad de las redes.

Su aporte principal es haber hecho accesible el análisis estructural a una generación de investigadores sociales, muchos de los cuales posteriormente migraron a herramientas más flexibles como R. Su trabajo sigue siendo un pilar pedagógico y metodológico fundamental.

4.7.6 Maltseva & Batagelj (2018): Mapeo Bibliográfico y Redes de Conocimiento Científico

En el contexto específico del análisis de literatura científica, los trabajos de Maltseva y Batagelj son especialmente relevantes. Su enfoque combina la bibliometría, el ARS y la representación gráfica del conocimiento, elementos directamente vinculados a los objetivos de tu TFM.

Contribuciones esenciales:

- Análisis de redes de cocitación y coautoría: exploran cómo construir y visualizar redes académicas que representen las relaciones entre artículos, autores, instituciones y temas científicos.
- Herramientas como Pajek y VOSviewer: si bien su trabajo no está centrado exclusivamente en R, los conceptos que desarrollan pueden ser implementados en R

mediante bibliometrix, igraph o ggraph. Además, el uso combinado de herramientas permite realizar análisis multiplataforma.

- Mapas científicos: su trabajo enfatiza la creación de mapas de ciencia, que permiten identificar corrientes teóricas, núcleos disciplinares, periferias temáticas y comunidades emergentes. Este enfoque es crucial para la visualización de la evolución de un campo de investigación, una técnica cada vez más utilizada en revisiones sistemáticas y estudios bibliométricos.

Maltseva y Batagelj ofrecen un enfoque directo y metodológicamente sólido para quienes buscan analizar la estructura de la producción científica, identificar influencias, evaluar colaboraciones y comprender cómo se organiza el conocimiento en disciplinas específicas.

4.7.7 TIP y ODS: un caso reciente de Análisis bibliográfico y ARS aplicado a políticas de sostenibilidad.

Un ejemplo contemporáneo y representativo del uso combinado de análisis bibliográfico y análisis de redes sociales (ARS) en un contexto interdisciplinario es el estudio reciente que explora las interacciones entre las Políticas de Innovación Transformadora (TIP) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este trabajo, publicado en 2024, no solo destaca por su rigor metodológico, sino también por su potencial como modelo replicable para investigaciones futuras en el campo del ARS aplicado al análisis de políticas públicas, sostenibilidad e innovación.

Este estudio parte de una revisión sistemática de la literatura basada en el protocolo PRISMA, identificando 61 artículos académicos que abordan explícitamente la relación entre TIP y los ODS. A partir de esta base documental, se construye una red bimodal compuesta por dos tipos de nodos: por un lado, los artículos académicos (actores) y por otro, los ODS (eventos). Cada enlace representa una asociación explícita entre un artículo y uno o más ODS referenciados.

El análisis se desarrolló en tres fases sucesivas: caracterización estructural de la red, identificación de nodos críticos y análisis de atributos. La herramienta principal utilizada para el análisis de redes fue UCINET 6, combinada con NetDraw para visualización, mientras que los datos se preprocesaron y organizaron mediante hojas de cálculo estructuradas en matrices de adyacencia.

Uno de los principales hallazgos del estudio fue la identificación de cuatro ODS como nodos centrales dentro de la red: ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), ODS 13 (Acción por el clima) y ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos). Estos nodos no solo presentaban altos valores de centralidad de grado y de vector propio, sino también valores elevados en medidas de cercanía e intermediación, lo que sugiere que actúan como puentes conceptuales dentro del discurso académico sobre innovación transformadora.

A su vez, el estudio detectó dos ODS que funcionan como puntos de corte o cuellos de botella en la red: el ODS 3 (Salud y bienestar) y el ODS 10 (Reducción de las desigualdades). La eliminación de estos nodos afectaría significativamente la cohesión de la red, revelando una posible fragilidad estructural en la articulación del discurso académico sobre TIP y sostenibilidad. Esto ofrece una perspectiva valiosa para futuras investigaciones, tanto desde una óptica teórica como de diseño de políticas.

En cuanto a las medidas de cohesión de la red, se obtuvo una densidad moderada (0,127) y un coeficiente de agrupamiento de 0,52, lo que indica una estructura temática relativamente bien conectada pero aún con espacio para consolidar vínculos interdisciplinarios más robustos. La transitividad (0,552) sugiere que los artículos tienden a agruparse en torno a temáticas similares, mientras que el diámetro (4) y la distancia media (2,25) apuntan a una red eficiente en términos de flujo de conocimiento.

El análisis de atributos reveló que los estudios más influyentes (con mayor número de citas) tienden a estar publicados en revistas de alto impacto como *Research Policy* o *Environmental Innovation and Societal Transitions*. Asimismo, se observó una concentración temática en investigaciones desarrolladas en Europa, con un enfoque organizacional orientado hacia el sector público y la industria, lo cual contrasta con una menor representación de las empresas como actores centrales en la red.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio empleó técnicas como la codificación binaria de asociaciones entre artículos y ODS, así como la asignación de atributos a los nodos (número de citas, tipo de enfoque, jurisdicción, etc.), siguiendo prácticas consolidadas en bibliometría y cienciometría. Este enfoque permitió combinar análisis estructural (redes) con análisis cualitativo (contenido), logrando así una mirada holística sobre el campo.

Cabe destacar que, aunque el estudio utilizó UCINET, todas las etapas previas de organización y análisis textual podrían haberse implementado utilizando lenguaje R y sus paquetes más destacados (e.g. bibliometrix, igraph, tidygraph, ggraph), lo cual lo convierte en un caso transferible y adaptable al ecosistema de herramientas tratado en este TFM.

Este trabajo representa una contribución clave al campo del ARS por varias razones:

- Integra de forma efectiva enfoques cualitativos y cuantitativos.
- Aplica ARS a un ámbito emergente: la intersección entre política pública e innovación sostenible.
- Utiliza una red bimodal como modelo de análisis relacional, lo cual es metodológicamente relevante.
- Ofrece visualizaciones que complementan y enriquecen la interpretación de los datos.

Responde a principios de ciencia abierta y reproducibilidad.

En síntesis, esta investigación evidencia cómo el Análisis de Redes Sociales puede ser aplicado de forma rigurosa a contextos de políticas públicas y sostenibilidad, y cómo el uso de herramientas como R permite potenciar la exploración de redes complejas y multidimensionales. Su inclusión en este TFM refuerza la tesis de que el lenguaje R, combinado con una perspectiva relacional, constituye una herramienta clave para mapear, visualizar y comprender la evolución del conocimiento científico en torno a temáticas de alta relevancia social.

5. CONCLUSIONES

El presente análisis bibliográfico sobre el Análisis de Redes Sociales (ARS) ha permitido obtener una visión amplia y fundamentada acerca de la evolución histórica de este campo, sus principales metodologías, las herramientas tecnológicas empleadas y las diversas aplicaciones que se han consolidado a lo largo del tiempo. A través de la revisión de la literatura especializada se observa que el ARS ha transitado desde sus orígenes en la sociología y la antropología hacia un enfoque cada vez más interdisciplinario, incorporando elementos de la estadística, la teoría de grafos, la informática y las ciencias de la comunicación, lo que ha favorecido su expansión y fortalecimiento como área de estudio.

El análisis también muestra cómo, con el paso de los años, el ARS ha pasado de ser una perspectiva teórica centrada en la representación de vínculos sociales a constituirse en una metodología robusta para el estudio de fenómenos complejos en múltiples ámbitos: desde el comportamiento organizacional y las dinámicas comunitarias, hasta el análisis de información en entornos digitales, el estudio de redes criminales, los procesos de difusión de información e incluso la propagación de epidemias.

De igual modo, se constata que el desarrollo de software especializado y la disponibilidad de grandes volúmenes de datos han impulsado una transformación significativa en el campo, facilitando el diseño de modelos más precisos y la visualización de redes cada vez más complejas. Esto ha permitido que el ARS se consolide no solo como un marco analítico, sino también como una herramienta práctica de gran utilidad en la toma de decisiones en distintos sectores académicos, gubernamentales y empresariales.

En síntesis, la revisión realizada confirma que el ARS constituye un ámbito de investigación consolidado y en constante crecimiento, caracterizado por su capacidad de adaptación, su apertura a la interdisciplinariedad y su permanente innovación metodológica. Esta conclusión se organiza en función de los objetivos planteados al inicio del trabajo, lo que permite responder de manera clara, estructurada y fundamentada a cada uno de ellos, otorgando coherencia y solidez al estudio en su conjunto.

5.1. Identificación y recopilación de la producción científica

Uno de los primeros logros alcanzados en el marco de este trabajo consistió en la identificación y recopilación de la producción científica más significativa en torno al Análisis de Redes Sociales (ARS). Este proceso permitió trazar un panorama amplio de la evolución del campo, desde los estudios fundacionales hasta las contribuciones más recientes, lo que evidencia un crecimiento sostenido tanto en el número de publicaciones como en la diversidad de autores, enfoques y herramientas metodológicas disponibles.

En este recorrido histórico, la obra de Wasserman y Faust (1994) se erige como un referente ineludible y un punto de partida para el desarrollo posterior de la disciplina. Su aporte resulta fundamental al sistematizar y definir los conceptos esenciales del ARS: nodos, aristas, medidas de centralidad, cliques y bloques, los cuales conforman la base teórica para describir y analizar la estructura, cohesión y dinámica de las redes sociales. Dichos elementos no solo mantienen plena vigencia, sino que constituyen el núcleo conceptual sobre el cual se apoyan la mayoría de los estudios actuales en ciencias sociales, matemáticas, física de sistemas complejos y ciencias de la computación.

La revisión bibliográfica también permitió visibilizar la amplitud y diversidad de los enfoques que han enriquecido el campo. Se identificaron obras clásicas, manuales de carácter pedagógico y textos especializados que expanden las posibilidades analíticas del ARS. Por ejemplo, los trabajos de Barabási (2016), centrados en las redes de tipo *scale-free* y en la explotación de datos masivos (*Big Data*), ilustran cómo las dinámicas de las redes pueden ser comprendidas desde una perspectiva cuantitativa, matemática y computacional. Por otro lado, Scott (2017) ofrece un enfoque introductorio y general que facilita la comprensión del ARS a estudiantes e investigadores provenientes de diversas disciplinas, mientras que Hanneman y Riddle (2005) contribuyen con materiales de libre acceso en formato de manuales prácticos, en los que explican de manera detallada el uso de técnicas de análisis apoyadas en software estadístico, particularmente en el entorno de R.

Esta recopilación y organización de la literatura no solo posibilitó clasificar las fuentes por año de publicación, sino también reconocer las tendencias que han marcado el desarrollo del campo a lo largo del tiempo, así como identificar a los autores y corrientes más influyentes. En este sentido, cobra especial relevancia el papel de las herramientas digitales y los paquetes

estadísticos desarrollados para R, entre los que destacan *igraph*, *statnet*, *network*, *bibliometrix*, *tidygraph* y *ggraph*. Estos recursos han transformado la práctica investigadora al permitir que la teoría se vincule con la aplicación empírica de manera accesible y flexible, ampliando las posibilidades de exploración de las redes sociales en contextos cada vez más complejos y diversos.

5.2. Evolución temporal del ARS

El análisis de la evolución temporal del ARS muestra un desarrollo estructurado en varias etapas:

- Etapa conceptual (1990-2005): En esta fase, los estudios se centraban en definir los conceptos y métricas fundamentales de las redes sociales. La investigación era principalmente teórica y matemática. Se desarrollaron conceptos como centralidad, densidad, cohesión y bloques. Durante este periodo, se sentaron las bases para el análisis computacional y estadístico que vendría posteriormente.
- Etapa computacional y estadística (2006-2015): Con la aparición de paquetes de software como *igraph* (Csárdi y Nepusz, 2006), *network* y *statnet* (Handcock et al., 2008; Butts, 2008), la investigación en ARS se volvió más práctica y reproducible. Los estudios podían ahora realizar análisis complejos, simulaciones y visualizaciones de redes de manera más eficiente. También se consolidó el uso de R como herramienta principal para realizar análisis de redes sociales, permitiendo aplicar modelos estadísticos, calcular métricas de centralidad y detectar comunidades dentro de las redes.
- Etapa interdisciplinaria y Big Data (2016-2024): La última etapa se caracteriza por la integración del ARS con Big Data y ciencia de datos. Autores como Barabási (2016) y Kolaczyk y Csárdi (2020) muestran cómo analizar grandes redes sociales a partir de datos masivos. Esta etapa incluye el análisis de redes científicas, sociales y tecnológicas, aplicando técnicas de modelado estadístico y visualización avanzada.

Esta evolución temporal demuestra que el ARS ha pasado de ser un campo teórico a uno computacional, y finalmente a un área interdisciplinaria capaz de abordar problemas complejos

mediante análisis de grandes volúmenes de datos.

5.3. Herramientas y metodologías

El ARS actual depende de un conjunto de herramientas y metodologías que combinan teoría, estadística y computación. Entre las herramientas más importantes se encuentran los paquetes de R, que permiten análisis avanzados de redes sociales:

- **igraph**: Permite crear, analizar y visualizar redes complejas. Es ideal para calcular métricas de centralidad, identificar comunidades y representar grafos de manera clara.
- **statnet** y **network**: Utilizados para modelar, simular y analizar redes sociales con un enfoque estadístico. Permiten realizar inferencias sobre la estructura de la red y la probabilidad de formación de conexiones.
- **tidygraph** y **ggraph**: Integran las ventajas de R y el enfoque “tidyverse” para trabajar con redes de manera más intuitiva y visual.

Las metodologías más empleadas incluyen análisis de centralidad, identificación de comunidades, blockmodeling, análisis estadístico de grafos y técnicas de visualización de redes. Estas metodologías permiten explorar la estructura, dinámica y evolución de las redes sociales, facilitando la comprensión de relaciones complejas y patrones de interacción.

5.4. Aplicaciones en Big Data y ciencia de datos

El ARS ha demostrado ser una disciplina esencial en el análisis de Big Data y ciencia de datos. Permite manejar grandes volúmenes de información, identificar patrones, detectar comunidades y analizar la propagación de información en redes sociales. Algunos ejemplos de aplicaciones incluyen:

- **Redes científicas**: Permite analizar la colaboración entre investigadores, identificar autores influyentes y mapear tendencias de investigación.
- **Redes sociales digitales**: Se utiliza para estudiar la difusión de información, la formación de comunidades y la influencia de usuarios en plataformas como Twitter o blogs académicos.
- **Modelado predictivo**: Herramientas como **statnet** y **igraph** permiten modelar la evolución de redes y realizar simulaciones para prever cambios estructurales.

El enfoque interdisciplinario combina sociología, informática, estadística y análisis de datos, proporcionando una perspectiva completa sobre cómo se organizan y evolucionan las redes. Además, el ARS permite aplicar técnicas de machine learning y procesamiento de lenguaje natural (NLP) para enriquecer el análisis de redes basadas en datos textuales o multimediales.

5.5. Síntesis de resultados y cumplimiento de objetivos

Con base en la revisión bibliográfica y el análisis realizado, se puede concluir que todos los objetivos del trabajo han sido alcanzados:

1. Identificación y recopilación de la producción científica: Se logró reunir literatura relevante desde 1994 hasta 2024, incluyendo libros fundacionales, artículos técnicos y paquetes de software esenciales. Esta recopilación permite contar con un panorama completo del desarrollo del ARS.
2. Análisis de la evolución temporal: Se identificaron claramente las etapas de desarrollo del ARS: conceptual, computacional y Big Data. Además, se reconocieron los autores, revistas y publicaciones más influyentes en cada etapa.
3. Exploración de herramientas y metodologías: Se evidenció que R y sus paquetes (igraph, statnet, network, tidygraph, ggraph) son herramientas clave para el análisis de redes, complementadas con metodologías estadísticas, visualización de grafos y modelado predictivo.
4. Aplicación en Big Data y ciencia de datos: Se comprobó que el ARS se ha integrado exitosamente en contextos de Big Data, permitiendo analizar grandes volúmenes de información, detectar patrones complejos y facilitar la toma de decisiones basada en datos.

En definitiva, el ARS ha evolucionado de un campo teórico a una disciplina aplicada, con herramientas computacionales y metodologías robustas que permiten analizar redes sociales complejas de manera eficiente y reproducible.

5.6. Reflexión final

El Análisis de Redes Sociales (ARS) no solo se ha consolidado como un campo de investigación bien establecido, sino que también ha demostrado ser una disciplina flexible,

dinámica y con gran capacidad de adaptación a distintos entornos de estudio. Su integración con enfoques contemporáneos como el Big Data y la ciencia de datos pone de manifiesto su relevancia en escenarios cada vez más complejos, donde la información fluye de manera masiva y en múltiples formatos. La combinación de fundamentos teóricos, métodos estadísticos y herramientas computacionales ofrece un marco robusto para la exploración de relaciones, interacciones y patrones de conexión en redes sociales de diversa índole, desde comunidades académicas hasta plataformas digitales de comunicación.

Los hallazgos de esta revisión bibliográfica constituyen un recurso valioso para el desarrollo de futuras investigaciones, ya que proporcionan un panorama claro sobre los principales autores, corrientes metodológicas y herramientas empleadas en el campo. Además, facilitan la identificación de tendencias emergentes, aplicaciones interdisciplinarias y desafíos metodológicos que aún requieren atención, como la mejora en los procesos de recolección, análisis y visualización de datos en entornos de gran escala. De esta manera, el ARS se presenta no solo como una herramienta analítica, sino también como un puente entre disciplinas, favoreciendo la comprensión de fenómenos sociales, científicos y tecnológicos.

En este sentido, el presente trabajo permite comprender cómo el ARS aporta al fortalecimiento del conocimiento científico, al estudio detallado de dinámicas sociales y al manejo eficiente de información en contextos complejos, caracterizados por la interconexión y la velocidad en la circulación de datos. Asimismo, ofrece una visión integradora que resalta tanto los avances logrados como las oportunidades de innovación que se abren en el futuro cercano.

En conclusión, el análisis realizado confirma que el ARS es actualmente una disciplina madura, en constante transformación y de gran importancia dentro de la investigación contemporánea. Su capacidad para combinar teoría, metodología y aplicación práctica le otorga un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia de datos, el Big Data y el análisis social. Además, al cumplir con los objetivos planteados en esta revisión, se consolida como un punto de referencia y un marco de apoyo sólido para nuevas investigaciones y para la expansión de su aplicación en diversos campos de estudio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). *bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis*. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Barabási, A. L. (2016). *Network science*. Cambridge University Press.
- Big Data, computational social science... (2022). *Artículo/Reporte*.
- Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2018). *Analyzing social networks*. SAGE.
- Butts, C. T. (2008). *network: A package for managing relational data in R*. *Journal of Statistical Software*, 24(2), 1–36. <https://doi.org/10.18637/jss.v024.i02>
- Csárdi, G., & Nepusz, T. (2006). *The igraph software package for complex network research*. *InterJournal, Complex Systems*, 1695. <http://igraph.org>
- Dalgaard, P. (2008). *Introductory statistics with R* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79054-1>
- Falcone, P. M., Parmentola, A., Tutore, I., & Alvino, F. (2025). *Mapping the nexus: A bibliometric analysis and social network analysis of transformative innovation policies and the UN Sustainable Development Goals*. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.4104>
- Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods*. Riverside. <https://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext>
- Handcock, M. S., Hunter, D. R., Butts, C. T., Goodreau, S. M., & Morris, M. (2008). *statnet: Software tools for the representation, visualization, analysis and simulation of network data*. *Journal of Statistical Software*, 24(1), 1–11. <https://doi.org/10.18637/jss.v024.i01>
- Hosoya, T., et al. (2017). *A bibliographic network analysis of Big Data literature*.
- igraph R manual. (s.f.). <https://igraph.org/r/>
- Kabacoff, R. I. (2015). *R in action: Data analysis and graphics with R* (2nd ed.). Manning.
- Kolaczyk, E. D., & Csárdi, G. (2020). *Statistical analysis of network data with R* (2nd ed.). Springer.

Maltseva, D., & Batagelj, V. (2018). *Social network analysis: Bibliographic network analysis part 1*. arXiv.

SNA tutorial / primer en R. (2024). Springer, Capítulo 15.

Scott, J. (2017). *Social network analysis* (4th ed.). SAGE.

statnet documentation. (s.f.). <http://statnet.org/>

Tidygraph + Ggraph (Thomas Lin Pedersen). (s.f.). <https://tidygraph.data-imaginist.com/>,
<https://ggraph.data-imaginist.com/>

Tutorial de Toptal. (2024). *Cómo extraer datos de Twitter con R (rtweet, igraph, tidyverse)*.

Verzani, J. (2014). *Using R for introductory statistics* (2nd ed.). CRC Press.

Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press.

Wickham, H., & Grolemund, G. (2017). *R for data science: Import, tidy, transform, visualize, and model data*. O'Reilly Media. <https://r4ds.had.co.nz/>

Žiberna, A., & colaboradores. (2020). *Blockmodeling in R: Generalized blockmodeling for weighted and multivalued networks*.